

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-278063

(43)Date of publication of application : 04.10.1994

(51)Int.Cl.

B25J 9/10
B25J 13/00

(21)Application number : 05-073182

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 31.03.1993

(72)Inventor : OCHIAI KAZUHITO

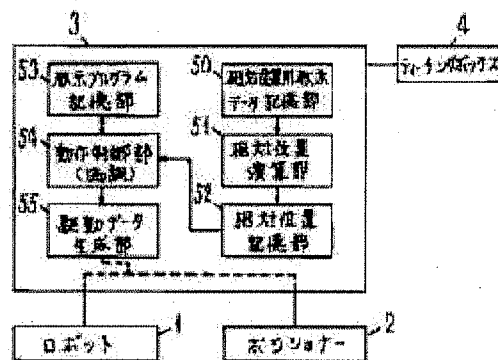
(54) INDUSTRIAL ROBOT SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily and accurately set the relative position and attitude of the coordinate system of a manipulator in a short time by computing the relative position and attitude of the coordinate system of the manipulator from instruction data obtained from instructions using the manipulator.

CONSTITUTION: An industrial robot system comprises a robot 1 with a sixth degree of freedom, a positioner 2 with a first degree of freedom of rotation, a controller 3 for cooperative, or synchronized, control of the robot and the positioner, and a teaching box 4 for use in

instructions. The relative position computing portion 51 of the controller 3 computes the position and attitude of the coordinate system of the positioner 2 relative to the coordinate system of the robot 1. A storage portion 52 for storing the relative position and attitude which are the computation results, and a control portion 54 for performing coordinate control using the relative position and attitude, are disposed. Since the relative position and attitude can be computed via instructing operations and internal computations, the relative position and attitude can be defined with ease and accuracy in a short time.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-278063

(43)公開日 平成 6 年(1994)10月 4 日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J	9/10	A		
	13/00	Z		

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平5-73182

(22)出願日 平成 5 年(1993) 3 月31日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 落合 和仁

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

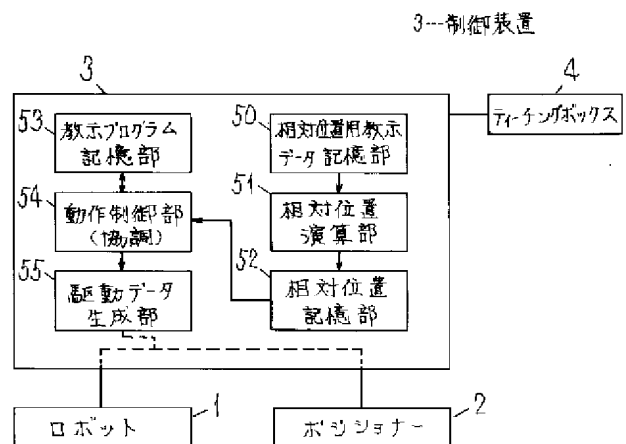
(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 産業用ロボットシステム

(57)【要約】

【目的】 協調及び同期動作を行う複数のマニピュレータ間の相対位置定義を短時間でかつ容易に、精度良く行うことのできる産業用ロボットシステムを提供することを目的とする。

【構成】 ロボット 1 を用いて、回転テーブル 6 上に定めた点 P を回転軸 7 の角度を違えて 3 回教示することにより得られた 3 つの教示データによって、ロボット 1 の座標系 $\Sigma M1$ からみたポジション 2 の座標系 $\Sigma M2$ の相対位置 P0 及び姿勢 M を演算する演算部 51 と、その演算結果である相対位置及び姿勢を記憶する記憶部 52 と、その相対位置及び姿勢を用いて協調制御を行う制御部 54 を有することで、教示操作及び内部の演算により相対位置及び姿勢を求めることができるため、短時間で容易にかつ精度よく相対位置及び姿勢を定義することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のマニピュレータと前記各マニピュレータの制御及び動作プログラムの記憶・演算及び編集を行う制御装置により構成され、前記マニピュレータ間で同期及び協調動作作業を行う産業用ロボットシステムにおいて、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を前記第1のマニピュレータを用いた教示により得られた教示データから演算する演算部と、前記演算した相対位置及び姿勢を記憶する記憶部と、前記相対位置及び姿勢をもとにマニピュレータ間の協調制御を行う制御部とを設けたことを特徴とする産業用ロボットシステム。

【請求項2】前記相対位置及び姿勢の演算手段は、設置部に対し回転軸を有する他の異なるマニピュレータの回転部上あるいは該回転部に取り付けられた部材上に任意の1点を定め、前記1点を前記回転軸の角度を違えて第1のマニピュレータにより3回教示することにより、得られる3つの教示データから前記第1のマニピュレータの座標系からみた前記他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を求める演算手段であることを特徴とする請求項1記載の産業用ロボットシステム。

【請求項3】前記相対位置及び姿勢の演算手段は、教示回数を4回以上とし、得られる4つ以上の教示データから最小2乗法により第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を求める演算手段であることを特徴とする請求項2記載の産業用ロボットシステム。

【請求項4】前記教示時において、第1のマニピュレータに取り付けられたツールの前記第1のマニピュレータの座標系からみた姿勢を、一定に拘束する制御手段を設けたことを特徴とする請求項1記載の産業用ロボットシステム。

【請求項5】複数のマニピュレータと前記各マニピュレータの制御及び動作プログラムの記憶・演算及び編集を行う制御装置により構成され、前記マニピュレータ間で同期及び協調動作作業を行う産業用ロボットシステムにおいて、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を設定及び記憶する設定記憶と、前記相対位置及び姿勢が更新された場合その変換パラメータを演算する演算部と、前記変換パラメータを記憶する記憶部と、前記変換パラメータをもとに既存の教示動作プログラムデータを変換する演算部とを設けたことを特徴とする産業用ロボットシステム。

【請求項6】複数のマニピュレータと前記各マニピュレータの制御及び動作プログラムの記憶・演算及び編集を行う制御装置により構成され、前記マニピュレータ間で同期及び協調動作作業を行う産業用ロボットシステムにおいて、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を前記第1

のマニピュレータを用いた教示により得られた教示データから演算する演算部と、前記演算した相対位置及び姿勢を記憶する記憶部と、前記相対位置及び姿勢に対するオフセット値を入力設定する設定部と、前記相対位置及び姿勢とオフセット値をもとに動作プログラム教示時における第1のマニピュレータの領域監視を行う手段とを有することを特徴とする産業用ロボットシステム。

【請求項7】少なくとも2台のマニピュレータと前記各マニピュレータの制御及び動作プログラムの記憶・演算及び編集を行う制御装置と前記各マニピュレータの教示操作を行うティーチングボックスにより構成され、前記マニピュレータ間で同期及び協調動作作業を行う産業用ロボットシステムにおいて、動作プログラム教示時、各マニピュレータを個々に動作させる動作モードと、第2のマニピュレータを動作させた場合前記第2のマニピュレータの座標系からみた第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置及び姿勢を保持しながら前記第1のマニピュレータを協調動作させる動作モードと、前記第2のマニピュレータを動作させた場合前記第2のマニピュレータの座標系からみた前記第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置のみを保持し、前記ツールの姿勢は前記第1のマニピュレータの座標系上で保持しながら前記第1のマニピュレータを協調動作させる動作モードを有したことを特徴とする産業用ロボットシステム。

【請求項8】前記教示時における動作モードの切り替えは、前記ティーチングボックス上に配置されたキー操作により行うことを特徴とする請求項7記載の産業用ロボットシステム。

【請求項9】少なくとも3台のマニピュレータと前記各マニピュレータの制御及び動作プログラムの記憶・演算及び編集を行う制御装置と前記各マニピュレータの教示操作を行うティーチングボックスにより構成され、前記マニピュレータ間で同期及び協調動作作業を行う産業用ロボットシステムにおいて、協調動作を行うマニピュレータのグループ構成を複数設定できる設定部と、動作プログラム教示時前記協調動作を行うマニピュレータのグループを切り替える手段を有することを特徴とする産業用ロボットシステム。

【請求項10】前記協調動作を行うマニピュレータのグループの切り替えは、前記ティーチングボックス上に配置されたキー操作により行うことを特徴とする請求項9記載の産業用ロボットシステム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、複数のマニピュレータ間の協調制御及び同期制御を行う産業用ロボットシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、溶接業界においては、産業用ロボ

ットの普及が進み、より多種多様でかつ複雑なワークへのロボット対応に対する要望が強くなっている。そういった環境下において、複雑なワークに対するロボット姿勢のとり易さや、溶接品質の向上及び治具レス化の観点から、産業用ロボットとワーク取付用ジョイントや産業用ロボット間の協調動作制御が用いられる場合が増しつつある。

【0003】この協調動作制御とは、ジョイント上に搭載あるいはロボットに把持されたワークからみた他のロボットの動作を制御するものであり、各ロボット間の相対位置を正確に定義する必要がある。

【0004】従来の産業用ロボットシステムのロボット間の相対位置の定義手段について図15および図16をもとに説明する。図15は6自由度を有するロボット31と1自由度を有する回転ジョイント32及びそれらを制御する制御装置33からなる産業用ロボットシステムの構成図であり、図16は図15におけるロボット31と回転ジョイント32との位置関係を表している。図16からわかるようにロボット31の座標系 $\Sigma 0$ からみた回転ジョイント32の座標系 $\Sigma 1$ の相対位置は、 (L_x, L_y, L_z) で表され、従来のシステムにおいては、前もってこの値を制御装置33に入力設定し、その入力設定値と実際の位置関係との誤差をなくすために、ロボット31と回転ジョイント32をコモンベース34上に設定値どおり正確に位置決めして設置するのが一般的である。

【0005】また、従来の産業用ロボットシステムの動作領域監視については、ロボットの基準座標系において定義され、かつ動作プログラム運転時のみ有効である。

【0006】次に、従来の産業用ロボットシステムの協調動作教示時の動作手段について図10をもとに説明する。図10において35は6自由度を有するロボット、36は図示しない回転軸を有する1自由度のジョイントであり、ロボット35の先端にはツール37が取り付けられている。このようなシステムについて教示作業を行う場合の従来の手動動作においては、ロボット35あるいはジョイント36のみを動作させる動作モードと、ジョイント36を動作させた場合ツール37の先端点Q及びベクトル t がジョイント36の座標系 $\Sigma 1$ 上で保持されるようロボット35が協調動作する動作モードとを有している。すなわち、後述の動作モードにおいては、ジョイント36の回転軸を θ 回転させた場合、ツール先端点Qは $\Sigma 1$ 座標系上で座標値を保持されつつQ'の位置に移動すると共にツールベクトル t もベクトル t' となるようロボット35が追従動作するものである。

【0007】また、図13に示すような3台のマニピュレータ（ロボット38、ジョイント39、ジョイント40）からなる産業用ロボットシステムの場合、従来の協調動作においては、ロボット38はジョイント39あるいはジョイント40のどちらか一方のみとの協調動作が

有効であり、他方は教示点でのみ同期をとった同期動作となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のような産業用ロボットシステムにおいては、以下のような問題点を有している。

【0009】(1)まず、相対位置定義手段においては、前述のようにコモンベース上にロボットを設定値どおり正確に位置決めする必要があり、そのためセットアップに多大な時間と労力を費やす必要がある。また、設置時誤差をなくすることは非常に困難であり、その影響により協調動作時軌跡精度が悪化してしまう恐れがある。

【0010】本発明の請求項1及び請求項2記載の発明は、上記課題を解決するもので、複数のマニピュレータ間の相対位置定義を短時間でかつ容易に行うことのできる産業用ロボットシステムを提供することを目的とし、請求項3及び請求項4の発明は、さらにその相対位置の精度を高めることのできる産業用ロボットシステムを提供することを目的としている。

【0011】(2)さらには、従来の産業用ロボットシステムの場合、ワークの都合上マニピュレータ間の相対位置を変更したい場合や新たにマニピュレータをシステムに追加したい場合等対応が困難であり、相対位置を変更できた場合においても変更前に教示した動作プログラムは変更後使用できず再度教示をやり直さなければならないという問題点を有していた。

【0012】本発明の請求項5記載の発明は、マニピュレータ間の相対位置が変更された場合においても既存の動作プログラムを変換して利用し得る産業用ロボットシステムを提供することを目的としている。

【0013】(3)また、協調動作教示においては、複数のロボットあるいはジョイントを動作させながら教示操作を行うため、教示時における相対座標系上での領域監視機能のない従来の産業用ロボットシステムでは、ワークとロボットに取り付けられたツールとを誤って干渉させてしまう頻度が多くなるという問題点を有していた。

【0014】本発明の請求項6記載の発明は、上記誤操作による干渉を防止するため相対座標系上での領域監視をし得る産業用ロボットシステムを提供することを目的としている。

【0015】(4)また、従来の協調教示時の手動動作モードにおいては、第2のロボット動作時に第2のロボットの座標系からみた第1のロボットのツール先端の位置及び姿勢を保持しつつ第1のロボットが動作する動作モードしかないため、ツール姿勢は第1のロボットの座標系で保持しつつ位置のみ第2のロボットに追従して動作させたい場合等に対応できず操作性が悪いという問題点を有していた。

【0016】本発明の請求項7及び請求項8記載の発明は、協調動作教示における手動動作モード機能を向上させ、操作性の良い産業用ロボットシステムを提供することを目的としている。

【0017】(5) また、従来の3台以上のマニピュレータからなるシステムにおいては、動作プログラム内においてその内の2台のマニピュレータについてのみしか協調動作ができず、他のマニピュレータは同期動作となるためシステムとして使い勝手が悪いという問題点を有していた。

【0018】本発明の請求項9及び請求項10記載の発明は、上記課題を解決するもので、動作プログラム内で協調対象マニピュレータを変更し得る使い勝手の良い産業用ロボットシステムを提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】

(1) 上記(発明が解決しようとする課題)第1項の目的を達成するために、本発明の請求項1記載の産業用ロボットシステムは、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を前記第1のマニピュレータを用いた教示により得られた教示データから演算する演算部と、前記演算した相対位置及び姿勢を記憶する記憶部と、前記相対位置及び姿勢をもとにマニピュレータ間の協調制御を行う制御部を有している。

【0020】(2) 上記(発明が解決しようとする課題)第2項の目的を達成するために、本発明の請求項5記載の産業用ロボットシステムは、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を設定及び記憶する設定記憶部と、前記相対位置及び姿勢が更新された場合その変換パラメータを演算する演算部と、前記変換パラメータを記憶する記憶部と、前記変換パラメータをもとに既存の教示動作プログラムデータを変換する演算部とを有している。

【0021】(3) 上記(発明が解決しようとする課題)第3項の目的を達成するために、本発明の請求項6記載の産業用ロボットシステムは、第1のマニピュレータの座標系からみた他の異なるマニピュレータの座標系の相対位置及び姿勢を前記第1のマニピュレータを用いた教示により得られた教示データから演算する演算部と、前記演算した相対位置及び姿勢を記憶する記憶部と、前記相対位置及び姿勢に対するオフセット値を入力設定する設定部と、前記相対位置及び姿勢とオフセット値をもとに動作プログラム教示時における第1のマニピュレータの領域監視を行う手段とを有している。

【0022】(4) 上記(発明が解決しようとする課題)第4項の目的を達成するために、本発明の請求項7記載の産業用ロボットシステムは、動作プログラム教示時、各マニピュレータを個々に動作させる動作モード

と、第2のマニピュレータを動作させた場合前記第2のマニピュレータの座標系からみた第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置及び姿勢を保持しながら前記第1のマニピュレータを動作させる協調動作モードと、前記第2のマニピュレータを動作させた場合前記第2のマニピュレータの座標系からみた前記第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置のみを保持し前記ツールの姿勢は前記第1のマニピュレータの座標系上で保持しながら前記第1のマニピュレータを動作させる協調動作モードを有している。

【0023】(5) 上記(発明が解決しようとする課題)第5項の目的を達成するために、本発明の請求項9記載の産業用ロボットシステムは、協調動作を行うマニピュレータのグループ構成を複数設定できる設定部と、動作プログラム教示時前記協調動作を行うマニピュレータのグループを切り替える手段を有している。

【0024】

【作用】

(1) 上記(課題を解決するための手段)第1項に記載した手段を有することによって、マニピュレータ間の相対位置及び姿勢をマニピュレータの教示により演算し定義することができるため、短時間で容易にかつ正確に相対位置及び姿勢の設定を行うことができる。

【0025】(2) 上記(課題を解決するための手段)第2項に記載した手段を有することによって、マニピュレータ間の相対位置が変更された場合においても既存の教示プログラムについて再教示する必要がなく変換して使用することができる。

【0026】(3) 上記(課題を解決するための手段)第3項に記載した手段を有することによって、マニピュレータ間の相対位置上でマニピュレータの監視領域を設定し得るため、動作プログラム教示時における誤操作によるツールとワークの干渉を防止することができる。

【0027】(4) 上記(課題を解決するための手段)第4項に記載した手段を有することによって、協調動作教示時において3バターンの手動動作モード機能を選択することができ、操作性の向上を図ることができる。

【0028】(5) 上記(課題を解決するための手段)第4項に記載した手段を有することによって、動作プログラム内で協調対象マニピュレータを変更し得るためシステムの使い勝手の向上を図ることができる。

【0029】

【実施例】

(実施例1) 以下本発明の請求項1及び請求項2の一実施例について、図1、図2、図3、図4を参照しながら説明する。

【0030】図1は本発明の対象となる一産業用ロボットシステムの斜視図であり、このシステムは6自由度を有するロボット1と回転1自由度を有するボジショナ2、及びそれらを協調あるいは同期制御する制御装置

3、教示に用いるティーチングボックス4により構成されており、ロボット1の先端にはツール5が取り付けられている。また図2は制御処理の構成を表している。制御装置3には相対位置演算部51と相対位置記憶部52及び協調動作演算等を行う動作制御部54を有している。

【0031】以上のように構成された産業用ロボットシステムについて、図3及び図4を用いてロボット1の座標系ΣM1からみたポジション2の座標系ΣM2の相対位置及び姿勢を得るための教示方法と、教示により得られた教示データにより相対位置及び姿勢を演算する手段について説明する。図3は図1の詳細部を拡大した図であり、図4は演算処理の流れを表している。まず、ポジション2において回転軸7により回転する回転テーブル6上に任意の1点P1を定める。この時の回転軸7の角度θはたとえば0°とする。その点P1をティーチングボックス4を操作し、ロボット1を動作させツール5の先端をその点に位置決めし記憶することにより、ロボット1の座標系ΣM1で表された点P1の座標値(x1, y1, z1)を得ることができる。さらに、回転軸7の角度θを任意の角度θ1だけ回転させると点P1はP2の位置に回転し、再度この点P2をロボット1により教示することにより、座標値(x2, y2, z2)を得ることができる。同様に回転軸7をθ2回転させた点P3をロボット1により教示することにより、座標値(x3, y3, z3)を得ることができる。この3点は、同一点を回転軸7の角度を変化させて得られた点であるため、回転軸7を中心軸とした円弧上に存在し、この3点P1、P2、P3よ

$$\vec{\omega} = (\vec{P_0P_1} \times \vec{P_0P_2}) / \|\vec{P_0P_1} \times \vec{P_0P_2}\|$$

$$= (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$$

【0037】さらに、Y'軸の方向を表す単位ベクトルvは、先に求めたベクトルμ及びωに直交するベクトルとして、下記式(4)により求められる。

【0038】

【数4】

$$\vec{v} = (\vec{\omega} \times \vec{\mu})$$

$$= (v_x, v_y, v_z)$$

【0039】以上より、ロボット1の座標系ΣM1からみたポジション2の座標系ΣM2の相対位置及び姿勢であるP0=(Lx, Ly, Lz)

【0040】

【数5】

り円弧の中心点P0のロボット1の座標系ΣM1で表された座標値(x0, y0, z0)を容易に求めることができる。すなわち、この点P0の座標値はロボット1の座標系ΣM1からみたポジション2の座標系ΣM2の座標中心の相対位置となる。よって、

【0032】

【数1】

$$Lx = x_0, \quad Ly = y_0, \quad Lz = z_0$$

【0033】となり、両座標系間の相対位置が求まる。次に、ロボット1の座標系ΣM1からみたポジション2の座標系ΣM2の各座標軸の方向は以下の手順で求めることができる。まず、X'軸は回転軸7に垂直でかつ点P0を含む平面上であれば任意に設定できるため、P0P1をX'軸としその軸方向を表す単位ベクトルμは下記式(2)により求められる。

【0034】

【数2】

$$\vec{\mu} = \vec{P_0P_1} / \|\vec{P_0P_1}\|$$

$$= (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$$

【0035】また、Z'軸は回転軸7の方向を示すため、前記教示3点を含む円弧平面对し垂直な方向となり、ベクトルP0P1とベクトルP0P2との外積として表される。すなわちZ'軸方向を表す単位ベクトルωは下記式(3)により求められる。

【0036】

【数3】

$$M = [\vec{\mu} \quad \vec{v} \quad \vec{\omega}] = \begin{bmatrix} \mu_x & v_x & \omega_x \\ \mu_y & v_y & \omega_y \\ \mu_z & v_z & \omega_z \end{bmatrix}$$

【0041】を得ることができる。これらの値により両座標系間の関係式は、

【0042】

【数6】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Lx \\ Ly \\ Lz \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mu x & v x & \omega x \\ \mu y & v y & \omega y \\ \mu z & v z & \omega z \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

【0043】となる。ただし、上式(6)において
 $[X, Y, Z]$ は $\Sigma M1$ 座標系で表された座標値であり
 $[X', Y', Z']$ は $\Sigma M2$ 座標系で表された座標値である。
 この式(6)を用いることにより、両座標系間の座標変換を行うことができ、ロボット1とポジショナ2との協調動作制御の演算処理を行うことが可能となる。

【0044】ここでは、ロボット1とポジショナ2といった2つのマニピュレータからなる産業用ロボットシステムの例について説明したが、図5に示すようなロボット12、ロボット13及びポジショナ14といった複数のマニピュレータからなる産業用ロボットシステムについても上記と同様の手順で、ロボット12の座標系 $\Sigma M2$ からみたロボット13の座標系 $\Sigma M3$ の相対位置と姿勢、及びポジショナ14の座標系 $\Sigma M4$ の相対位置及び姿勢を求めることができる。

【0045】以上のように、マニピュレータ間の座標系の相対位置及び姿勢をマニピュレータの教示操作とその教示データによる演算により得ることができるため、各マニピュレータの設置状態を作業に都合が良いよう任意に設置することが可能で、かつ短時間で容易に定義することができる。

【0046】(実施例2) 図3においてロボット1の座標系からみたポジショナ2の座標系の相対位置を得るためのロボット1による教示点数を3点から4点に増やした場合を考える。教示手順は実施例1と同様である。この場合、回転軸7を中心とした同一円弧上の点が4点P1、P2、P3、P4得られることになり、この内の3点の座標値により円弧中心であるロボット1の座標系からみたポジショナ2の座標中心を求めることができる。すなわち、その4点の内の3点の組合せにより4通りの円弧中心P01、P02、P03、P04を求めることができる。教示時における教示誤差や計算誤差及びマニピュレータのリンクパラメータに誤差がなければ、これら4点の座標値は等しくなるが、通常そういった場合は考えられず、それら4つの座標値から最小2乗法により最適値を求めることができる。すなわち、教示点数が多ければ多いほど精度よくロボット1とマニピュレータ間の相対位置を得ることができる。

【0047】また、図6(a)に示すようにツール5等

の誤差によりロボット1の制御装置に設定されている制御点の位置Rと実際のツール先端の位置R'との間に誤差 ΔR が生じていた場合を考える。このような状態においてロボット1を用いて実施例1に示す手順に基づきポジショナ2の座標系の相対位置及び姿勢を得るための教示を3点とも異なったツール姿勢で行った場合、図6の(b)に示すように教示データとしてはP1'、P2'、P3'の座標値として取り込まれ、この3点により理想的な相対位置P0に対し誤差をもったP0'が演算結果として得られてしまい、かつ3点における誤差 ΔR の及ぼす方向が異なるため回転軸7を表す座標軸Z'も誤差をもったZ''として得られしうことになり、協調動作時軌跡に誤差を生じる要因となってしまう。そこで図6に示すように、1点目P1を教示した後の動作については、ロボット1の座標系上においてツール5の姿勢をP1で教示した折りの姿勢に拘束する制御手段を設ける。このような手段を用いて3点を教示した場合、図6の(c)に示すように各点における誤差 ΔR の方向を同一にすることができ、相対位置P0については ΔR だけ誤差が発生するが回転軸方向を表す座標軸Z'については誤差が発生せず、協調動作時の軌跡精度を向上することができる。

【0048】(実施例3) 本発明の請求項5記載の発明の一実施例について図8をもとに説明する。図8は、マニピュレータ間の相対位置が変更された折の本発明の処理手段を表しており、変更前後の相対位置及び姿勢データから変換パラメータの算出を行う演算部21及びその変換パラメータを記憶する記憶部22、その変換パラメータにより既存の教示プログラムを変換する演算部23からなっている。

【0049】以下、図1に示したシステムについて、ロボット1の座標系とポジショナ2の座標系の相対位置及び姿勢が変更された場合について説明する。まず、変更前のロボット1からみたポジショナ2の相対位置及び姿勢は、実施例1に示す手段で3点教示することにより下記のように求められているものとする。

【0050】P01 = (Lx1, Ly1, Lz1)

【0051】

【数7】

$$M1 = [\vec{\mu 1} \quad \vec{v 1} \quad \vec{\omega 1}] = \begin{pmatrix} \mu x1 & v x1 & \omega x1 \\ \mu y1 & v y1 & \omega y1 \\ \mu z1 & v z1 & \omega z1 \end{pmatrix}$$

【0052】この状態において、ロボット1とポジション2の設置状態が変更された場合、再度変更前に教示した回転テーブル6上の3点について教示し直すことにより、変更後のロボット1の座標系からみたポジション2

$$M2 = [\vec{\mu 2} \quad \vec{v 2} \quad \vec{\omega 2}] = \begin{pmatrix} \mu x2 & v x2 & \omega x2 \\ \mu y2 & v y2 & \omega y2 \\ \mu z2 & v z2 & \omega z2 \end{pmatrix}$$

【0055】これら変更前後における相対位置及び姿勢により、まず位置に対する変換パラメータdについてはP01とP02の差から下記式により求めることができる。

【0056】

d = (Lx2-Lx1, Ly2-Ly1, Lz2-Lz1)

$$M12 = M2^{-1} \cdot M1 = \begin{pmatrix} \mu x2 & v x2 & \omega x2 \\ \mu y2 & v y2 & \omega y2 \\ \mu z2 & v z2 & \omega z2 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \mu x1 & v x1 & \omega x1 \\ \mu y1 & v y1 & \omega y1 \\ \mu z1 & v z1 & \omega z1 \end{pmatrix}$$

【0058】相対位置変更前に教示した協調作業用の教示プログラムを相対位置変更後に使用したい場合、以下の交換手順で再教示することなく使用することができる。教示プログラムは、複数の教示点からなっており、各教示点におけるロボット1及びポジション2の関節角度として記憶されている。このため、まず関節角度で表されている教示点データをロボットの制御点の座標値及びツールの姿勢に変換する。例えばプログラム内のある教示点については位置データPn=(Pnx, Pny, Pnz)とツール姿勢データである3×3マトリックスMtnに変換される。この位置データ及びツールの姿勢データは、変換パラメータd及びM12により以下のように変更後の位置データPn'及びツールの姿勢データMtn'に変換される。

【0059】Pn'=d+Pn

Mtn'=M2⁻¹・M1・Mtn

以上より得られた相対位置変更後の教示点の位置データPn'及びツールの姿勢データMtn'を逆に各関節角度に変換することにより、変更後の教示点データが得られ、上記演算を全教示点データについて行うことによ

の相対位置及び姿勢は、下記のように得られる。

【0053】P02=(Lx2, Ly2, Lz2)

【0054】

【数8】

$$\begin{pmatrix} \mu x2 & v x2 & \omega x2 \\ \mu y2 & v y2 & \omega y2 \\ \mu z2 & v z2 & \omega z2 \end{pmatrix}$$

= (ΔLx, ΔLy, ΔLz)

また姿勢に対する変換パラメータM21についてもM1とM2により下記式(9)により求めることができる。

【0057】

【数9】

り、相対位置変更に対応した教示プログラムを得る。

【0060】(実施例4)本発明の請求項6記載の発明の一実施例について図9を基ずき以下に説明する。図9は本発明の対象とする一産業用ロボットシステムを表しており、24は6自由度を有するロボットであり、25は回転軸28及び29を有する2自由度のポジションである。このシステムにおいてロボット24の座標系ΣM1からみたポジション25の相対座標系ΣM2は、実施例1記載の手段により定義される。本発明においては、さらに定義された相対座標系ΣM2の各座標軸X'-Y'-Z'正負方向に対し、任意のオフセット値を入力設定する手段を有している。すなわち、X'(+)方向に対し1X1、X'(-)方向に対し1X2、Y'(+)方向に対し1y1、Y'(-)方向に対し1y2、Z'(+)方向に対し1Z1、Z'(-)方向に対し1Z2を入力設定することにより、ポジション25の相対座標系上に領域27を定義することができる。この領域27は前述のとおり相対座標系上に定義されているため、例えば回転軸28がα度回転した場合には領域27は領域27'に同様に回転移動される。さらに上記設定した領域に対し監視機能を有し

ており、教示時にロボット24のツール26の先端が領域27の領域内に進入する操作をなされた場合、ロボット24は一度ワーニングにより停止されると共に、領域内ではロボット24の速度制限がなされる。

【0061】上記説明から明らかなように、上記手段を有することにより、相対座標系上に領域が定義できるため、回転軸の動作に合わせて領域も変化し、ロボットの領域監視を有効に行うことができる。

【0062】(実施例5)本発明の請求項7及び請求項8記載の発明の一実施例について図9及び図12に基づき説明する。図9は本発明の産業用ロボットシステムが有する教示操作時の動作モードの動作形態を表しており、図中35は6自由度を有するロボット、36は図示しない回転軸を有する1自由度のポジションナであり、ロボット35の先端にはツール37が取り付けられている。また図12は動作モード切り替えの構成を表している。図12からわかるように本発明においては、ティーチングボックス47による教示操作時に3つの動作モードが選択されるよう設けており、以下各々の動作モードについて説明する。

【0063】まず動作モード1は、ロボット35あるいはポジションナ36のみを個々に動作させる動作モードである。

【0064】また動作モード2は、図10に示すように、ポジションナ36を動作させた場合ツール37の先端点Q及びベクトル μ がポジションナ36の座標系 $\Sigma 1$ 上で保持されるようロボット35が協調動作する動作モードである。すなわち、ポジションナ36の回転軸を θ 回転させた場合、ツール先端点Qは $\Sigma 1$ 座標系上で座標値を保持されつつQ'の位置に移動すると共にツールベクトル μ もベクトル μ' となるようロボット35が追従動作するものである。

【0065】一方動作モード3は、図11に示すように、ポジションナ36を動作させた場合ツール37の先端点Qのみがポジションナ36の座標系 $\Sigma 1$ 上で保持され、ツール37のベクトル μ はロボット35の座標系 $\Sigma 0$ 上で保持されるようロボット35が協調動作する動作モードである。すなわち、すなわち、ポジションナ36の回転軸を θ 回転させた場合、ツール先端点Qは $\Sigma 1$ 座標系上で座標値を保持されつつQ'の位置に移動するがツールベクトル μ はベクトル μ のまま保持されるようロボット35が追従するものである。

【0066】また、上記3つの動作モードの切り替えは、ティーチングボックス47上に配置されたキー操作により行うことができる。

【0067】(実施例6)本発明の請求項9及び請求項10記載の発明の一実施例について図11に基づき説明する。図13は本発明の対象となる一産業用ロボットシステムを表しており、38は6自由度を有するロボットであり、39は2自由度を有するポジションナ、40は1

自由度を有するポジションナである。また図14は協調動作マニピュレータを切り替える場合の構成図である。図13に示すシステムにおいては、ロボット38とポジションナ39との協調動作、あるいはロボット38とポジションナ40との協調動作を可能にするために、制御装置56に協調動作グループ設定部58を有している。この協調動作グループ設定部58においてあらかじめ上記2つの協調動作グループを入力定義しておく。この定義により協調動作グループの切り替え制御部59が有効となり、教示時における協調動作対象となるマニピュレータを切り替えることができる。

【0068】また、上記協調動作グループの切り替えは、ティーチングボックス47上に配置されたキー操作により行うことができる。

【0069】

【発明の効果】

(1)上述の実施例1から明らかなように、マニピュレータの座標系間の相対位置及び姿勢をマニピュレータを用いた教示により得られた教示データから演算する演算部を有しているため、短時間で容易にかつ正確に相対位置及び姿勢の設定を行うことができる。また実施例2から明らかなように、相対位置を得るための教示点数を増すこと、あるいは教示時ツール姿勢を拘束する手段を有することにより相対位置及び姿勢の精度を高めることができる。

【0070】(2)上述の実施例3から明らかなように、マニピュレータの座標系間の相対位置及び姿勢を設定及び記憶する設定記憶部と、前記相対位置及び姿勢が更新された場合その変換パラメータを演算する演算部と、その変換パラメータをもとに既存の教示動作プログラムデータを変換する演算部とを有しているため、マニピュレータの位置関係が変更された場合においても既存の動作プログラムを変換して使用でき、再教示を行う必要がなくなる。

【0071】(3)上述の実施例4から明らかなように、マニピュレータの座標系間の相対位置及び姿勢の演算設定部と、その相対位置及び姿勢に対するオフセット値を入力設定する設定部と、前記相対位置及び姿勢とオフセット値をもとに動作プログラム教示時におけるマニピュレータの領域監視を行う手段とを有しているため、動作プログラム教示時における誤操作によるツールとワークの干渉を防止することができる。

【0072】(4)上述の実施例5から明らかなように、動作プログラム教示時、各マニピュレータを個々に動作させる動作モードと、マニピュレータを動作させた場合第2のマニピュレータの座標系からみた第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置及び姿勢を保持しながら前記第1のマニピュレータを動作させる協調動作モードと、前記第2のマニピュレータを動作させた場合前記第2のマニピュレータの座標系からみた前

記第1のマニピュレータに取り付けられたツール先端の位置のみを保持し前記ツールの姿勢は前記第1のマニピュレータの座標系上で保持しながら前記第1のマニピュレータを動作させる協調動作モードを有しているため、教示時における操作性を向上させることができる。

【0073】(5) 上述の実施例6から明らかなように、協調動作を行うマニピュレータのグループ構成を複数設定できる設定部と、動作プログラム教示時前記協調動作を行うマニピュレータのグループを切り替える手段を有しているため、システム内で自由に協調動作グループを設定することができ、システムの使い勝手の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の対象となる一産業用ロボットシステムの斜視図

【図2】 本発明の第1の実施例における制御処理のブロック図

【図3】 第1の実施例における教示操作説明図

【図4】 第1の実施例における演算処理の流れ図

【図5】 本発明の対象となる他の産業用ロボットシステムの斜視図

【図6】 第2の実施例における動作説明図

【図7】 第2の実施例における演算処理の流れ図

【図8】 第3の実施例における演算処理を表すブロック

図

【図9】 第4の実施例における原理を説明するための産業用ロボットシステムの斜視図

【図10】 第5の実施例における動作モードの動作説明のための平面図1

【図11】 第5の実施例における動作モードの動作説明のための平面図2

【図12】 第5の実施例における制御処理を表すブロック図

【図13】 第6の実施例が対象となる一産業用ロボットシステムの斜視図

【図14】 第6の実施例における制御処理を表すブロック図

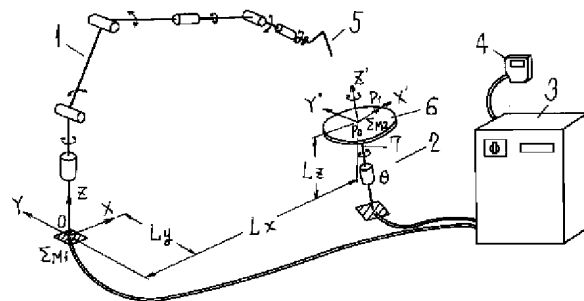
【図15】 従来の一産業用ロボットシステムの平面図

【図16】 図15に示したマニピュレータ間の相対位置関係を表す図

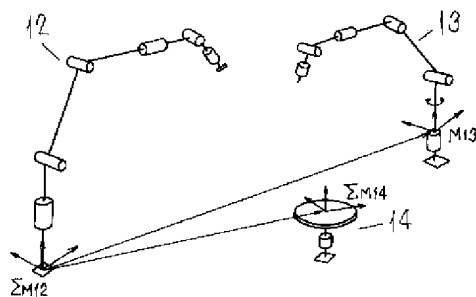
【符号の説明】

- 1 6自由度を有するロボット
- 2 1自由度を有するボジショナ
- 3 制御装置
- 4 ティーチングボックス
- 5 ツール
- 6 回転テーブル
- 7 回転軸

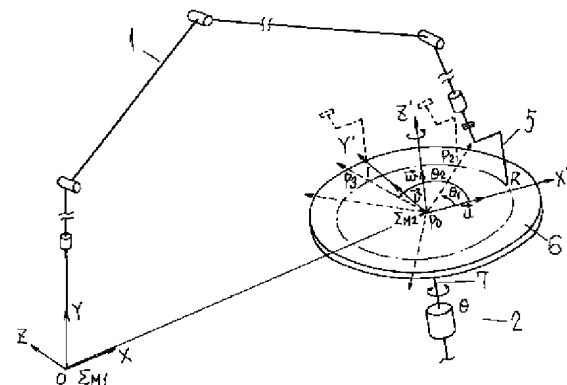
【図1】



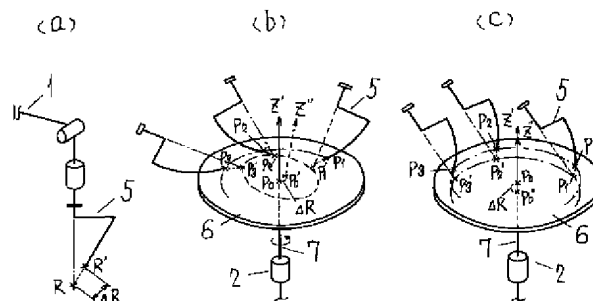
【図5】



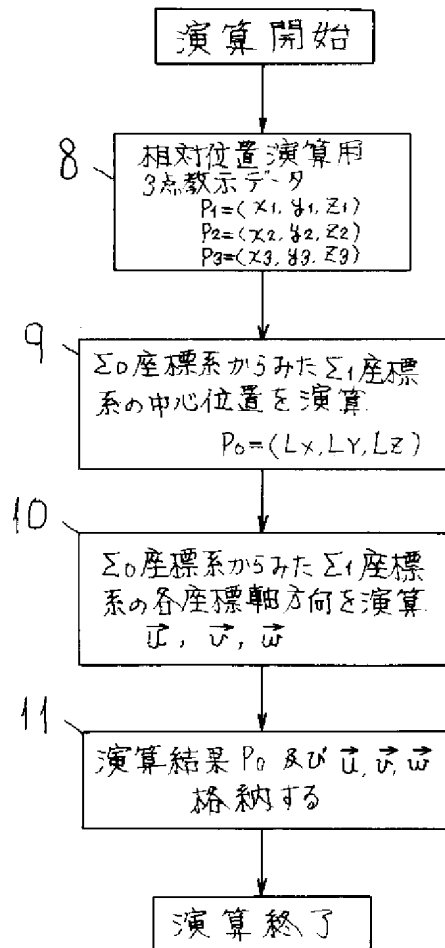
【図3】



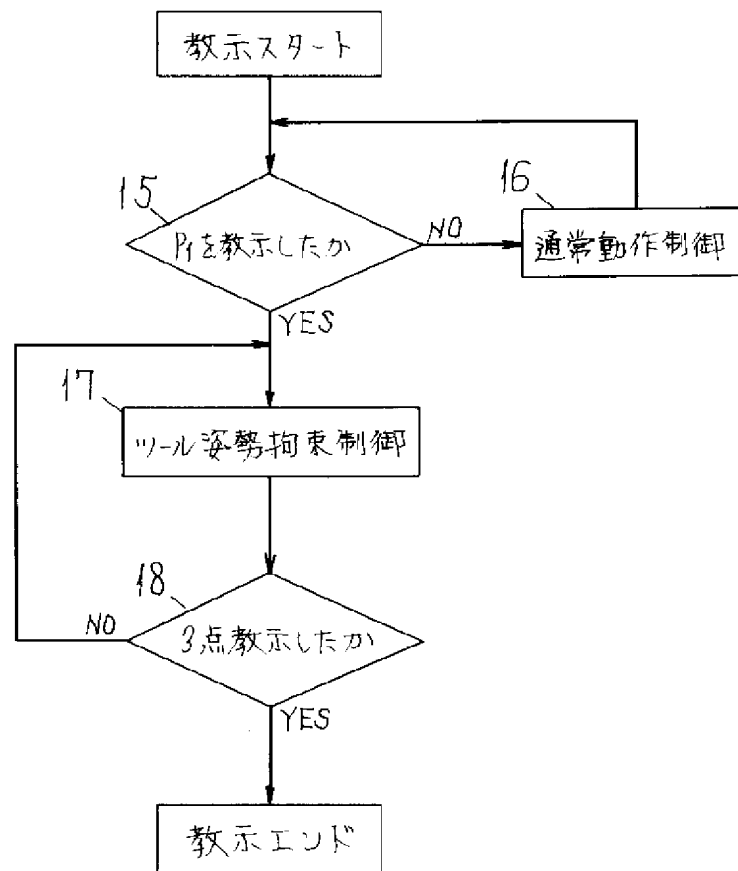
【図6】



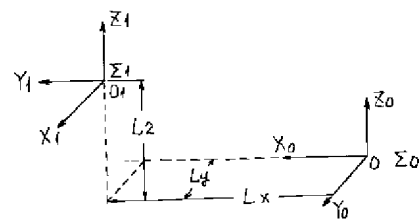
【図4】



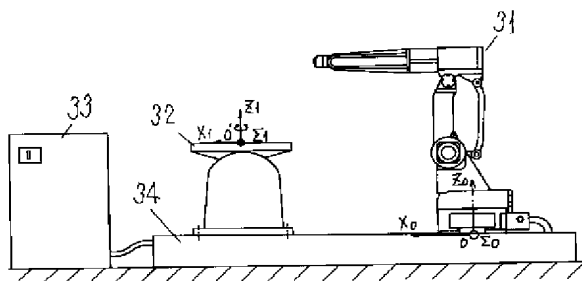
【図7】



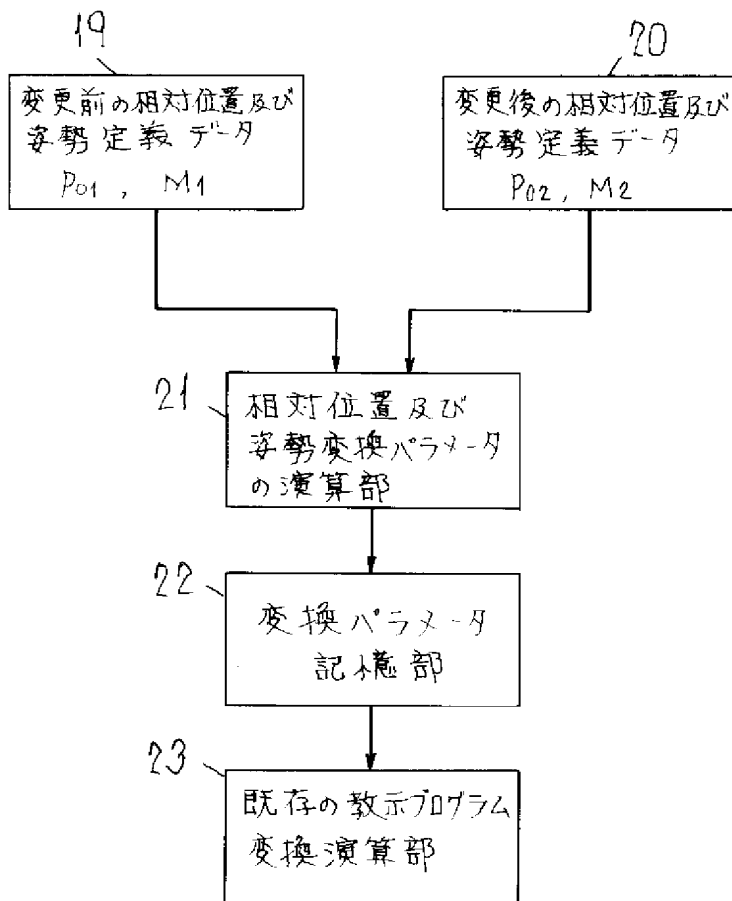
【図16】



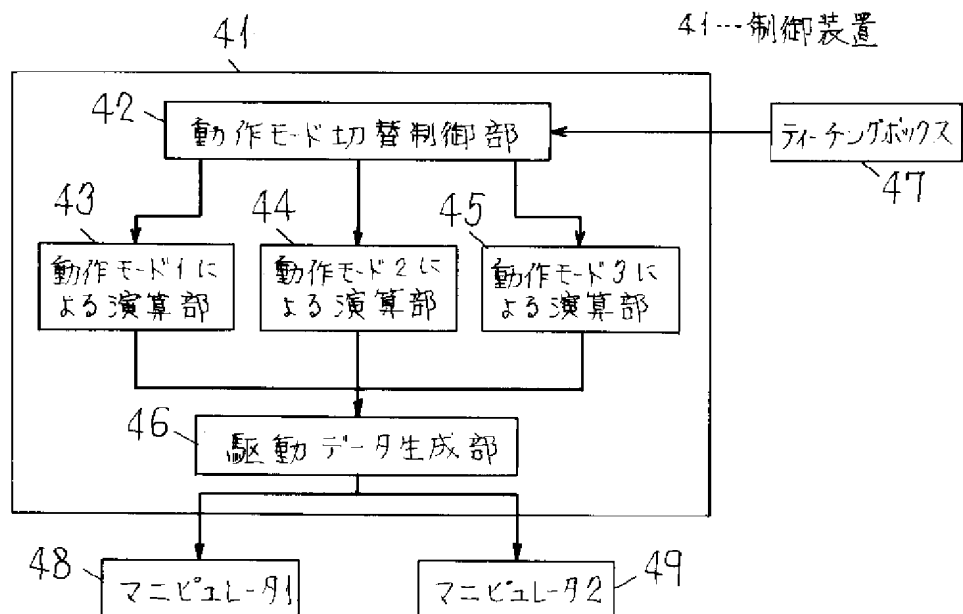
【図15】



【図8】



【図12】



【図14】

